

Express Mail Label No.: EL629488847US

PATENT

36856.562

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Toshio NISHIMURA et al.

Serial No.: Currently unknown

Filing Date: Concurrently herewith

**For: LONGITUDINALLY COUPLED
MULTI-MODE PIEZOELECTRIC FILTER**

JCS03 U.S. PTO
10/004224



TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS


Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of each of Japanese Patent Application No. **2000-359889** filed **November 27, 2000**, from which priority is claimed under 35 U.S.C. 119 and Rule 55b. Acknowledgement of the priority document is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: November 2, 2001


Attorneys for Applicant(s)

Joseph R. Keating
Registration No. 37,368

Christopher A. Bennett
Registration No. 46,710

KEATING & BENNETT LLP
10400 Eaton Place, Suite 312
Fairfax, VA 22030
Telephone: (703) 385-5200
Facsimile: (703) 385-5080

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-359889

出 願 人

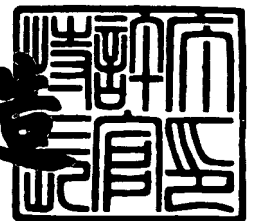
Applicant(s):

株式会社村田製作所

2001年 8月31日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3079946

【書類名】 特許願

【整理番号】 DP000204

【提出日】 平成12年11月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/56

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

 【氏名】 西村 俊雄

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

 【氏名】 井上 二郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000006231

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

 【識別番号】 100086597

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 004776

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 縦結合型マルチモード圧電フィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び

前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向または励振電極と平行な方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1, 第 2 の端面を有する積層型圧電体と、

前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、

入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数のモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている圧電縦効果を利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 2】 互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び

前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1, 第 2 の端面と、第 1, 第 2 の端面を結ぶ第 1 ～第 4 の側面とを有し、第 1, 第 2 の端面を結ぶ方向が長さ方向とされている積層型圧電体と、

前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複

数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、

入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の長さモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている圧電縦効果を利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 3】 互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び

前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1、第 2 の端面と、第 1、第 2 の端面を結ぶ第 1～第 4 の側面とを有し、かつ第 1、第 2 の端面を結ぶ方向が厚み方向とされている積層型圧電体と

前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、

入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の厚み縦モードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている圧電縦効果を利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 4】 互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び

前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極と平行な方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1、第 2 の端面と、第 1、第 2 の端面を結ぶ第 1～第 4 の側面とを有し、かつ第 1、第 2 の端面を結ぶ方向が厚み方向とされている積層型圧電体と、

前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、

前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、

入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の厚み滑りモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 5】 前記異なる次数のモードが、 n 倍波と、 $(n-1)$ 倍波である（但し、 n は 3 以上の整数）、請求項 1～4 のいずれかに記載の縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 6】 前記異なる次数のモードが、 n 倍波と、 $(n-1)$ 倍波と、

($n+1$) 倍波である (但し、 n は 3 以上の整数)、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 7】 前記第 1 のグループの少なくとも 1 層の励振電極が、前記第 2、第 3 のグループの最も近接している励振電極間に位置している、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【請求項 8】 前記積層型圧電体の圧電体層を構成している圧電材料の音響インピーダンス値を Z_1 としたときに、

前記積層型圧電体の第 1、第 2 の端面の外側に連結されており、かつ音響インピーダンス値 Z_1 よりも低い第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 を有する材料からなる反射層と、

前記反射層の第 1、第 2 の端面に連結されている側とが反対側の面に連結されており、第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 よりも大きな第 3 の音響インピーダンス値 Z_3 を有する材料からなる保持部とをさらに備える、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の縦結合型マルチモード圧電フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、帯域フィルタなどに用いられる圧電フィルタに関し、より詳細には、圧電縦効果を有しており、かつ異なる次数のモードの結合を利用した縦結合型のマルチモード圧電フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、帯域フィルタとして様々な圧電フィルタが用いられている。数 MHz ～ 数十 MHz 帯の周波数領域においては、小型化が容易であり、コストが安価な二重モード圧電フィルタが主に用いられている。

【0003】

この種の二重モード圧電フィルタは、例えば特開平 5 - 3 2 7 4 0 1 号公報などに開示されている。

図 20 は、厚み縦振動を利用した従来の二重モード圧電フィルタを示す断面図

である。

【0004】

圧電フィルタ201は、厚み方向に分極処理された圧電板202を有する。圧電板202の上面には、一对の励振電極203、204が形成されており、下面には励振電極203、204と圧電板202を介して対向するように共通励振電極205が形成されている。

【0005】

使用に際しては、上面の一方の励振電極203と共通励振電極205との間に入力信号を印加し、圧電板202を励振させる。この場合、圧電板202が励振され、図21(a)に示す対称モードと、図21(b)に示す反対称モードが生じ、これら双方のモードが結合されてフィルタ帯域が構成される。出力は、励振電極204とアース電極205との間で取り出される。

【0006】

なお、上記のように厚み縦振動モードを利用した二重モード圧電フィルタの他、圧電板202を上面に平行な方向に分極処理し、それによって厚み滑りモードを利用した二重モード圧電フィルタも知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従来の圧電フィルタ201では、対称モードと反対称モードの結合の強さは、励振電極203、204間の間隔に依存し、この間隔の大きさにより対称モードと反対称モードの周波数差が決定され、通過帯域が決められることになる。

【0008】

すなわち、広帯域フィルタを得るには、励振電極203、204間の間隔を狭くし、両方のモードの結合度を高め、かつ双方のモードの周波数差を大きくする必要があった。

【0009】

他方、励振電極203、204は、通常、導電ペーストのスクリーン印刷により形成されている。スクリーン印刷法では、励振電極203、204の間隔を狭くするにも限界があった。他方、フォトリソグラフィーにより励振電極203、

204を形成すれば、励振電極203、204間の間隔を小さくすることができるものの、コストが高くつくことになる。

【0010】

また、たとえ、励振電極203、204間の間隔を狭くすることができたとしても、圧電フィルタ201において入出力間の静電容量が増加し、減衰量が小さくなるという問題もあった。

【0011】

本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、広帯域化を図ることができ、かつ大きな帯域外減衰量を得ることができ、さらに安価に製造し得る縦結合型のマルチモード圧電フィルタを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本願の第1の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタは、圧電縦効果を利用しており、互いに平行に配置された4以上の励振電極及び前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向または励振電極と平行な方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第1、第2の端面を有する積層型圧電体と、前記4層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第1のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第1の端面側に位置している少なくとも1層の励振電極を第2のグループ、並びに第2の端面側に位置している少なくとも1層の励振電極を第3のグループとグループ分けしたときに、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第1のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第2のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第3のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数のモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている。

【 0 0 1 3 】

第 2 の発明に係る圧電縦効果を利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタは、互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1、第 2 の端面と、第 1、第 2 の端面を結ぶ第 1 ～第 4 の側面とを有し、第 1、第 2 の端面を結ぶ方向が長さ方向とされている積層型圧電体と、前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の長さモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている。

【 0 0 1 4 】

第 3 の発明に係る圧電縦効果を利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタは、互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極に直交する方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1、第 2 の端面と、第 1、第 2 の端面を結ぶ第 1 ～第 4 の側面とを有し、かつ第 1、第 2 の端面を結ぶ方向が厚み方向とされている積層型圧電体と、前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、前記積層型圧電

体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の厚み縦モードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている。

【0015】

第 4 の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタは、互いに平行に配置された 4 以上の励振電極及び前記励振電極間に配置されており、かつ励振電極と平行な方向に分極処理されている複数の圧電体層を有し、前記複数の励振電極と直交する方向において対向している第 1、第 2 の端面と、第 1、第 2 の端面を結ぶ第 1～第 4 の側面とを有し、かつ第 1、第 2 の端面を結ぶ方向が厚み方向とされている積層型圧電体と、前記 4 層以上の励振電極を、前記積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極を第 1 のグループ、残りの励振電極のうち、積層型圧電体の第 1 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 2 のグループ、並びに第 2 の端面側に位置している少なくとも 1 層の励振電極を第 3 のグループとグループ分けしたときに、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 1 のグループの励振電極に電氣的に接続されているアース電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 2 のグループの励振電極に電氣的に接続されている入力電極と、前記積層型圧電体の外表面に形成されており、かつ前記第 3 のグループの励振電極に電氣的に接続されている出力電極とを備え、入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数の厚み滑りモードの振動が励振されかつ結合され、前記出力電極とアース電極とから出力信号が取り出されるように構成されている。

【0016】

第 1～第 4 の発明の特定の局面では、上記異なる次数のモードとして、 n 倍波と、 $(n-1)$ 倍波が用いられる（但し、 n は 3 以上の整数）。

また、第 1～第 4 の発明の他の特定の局面では、上記異なる次数のモードが、

n 倍波と、 $(n-1)$ 倍波と、 $(n+1)$ 倍波が用いられる（但し、 n は 3 以上の整数）。

【0017】

第 1 ～ 第 4 の発明（以下、本発明と総称する）の他の特定の局面では、第 1 のグループの少なくとも 1 層の励振電極が、第 2，第 3 のグループの最も近接している励振電極間に位置するように構成され、それによって、入力電極－出力電極間の静電容量は、入力電極－アース電極間の静電容量に対して小さくされ、減衰量の拡大を図ることができる。

【0018】

本発明のさらに別の特定の局面では、前記積層型圧電体の圧電体層を構成している圧電材料の音響インピーダンス値を Z_1 としたときに、前記積層型圧電体の第 1，第 2 の端面の外側に連結されており、かつ音響インピーダンス値 Z_1 よりも低い第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 を有する材料からなる反射層と、前記反射層の第 1，第 2 の端面に連結されている側とが反対側の面に連結されており、第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 よりも大きな第 3 の音響インピーダンス値 Z_3 を有する材料からなる保持部とがさらに備えられ、それによって積層型圧電体から反射層側に伝搬した振動が反射層と保持部との界面により反射される。従って、フィルタ特性に影響を与えることなく、保持部を用いて本発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタを機械的に保持することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明を明らかにする。

【0020】

図 1（a）及び（b）は、本発明の第 1 の実施例に係る縦結合型の二重モード圧電フィルタを示す斜視図及び縦断面図である。

圧電フィルタ 1 は、横断面が矩形の角棒状の圧電体 2 を有する。圧電フィルタ 1 は、圧電体 2 の長さ方向に伝搬する長さモードを利用した二重モード圧電フィルタである。

【 0 0 2 1 】

圧電体 2 は、特に限定されるわけではないが、本発明では、チタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミックスにより構成されている。

圧電体 2 は、長さ方向において対向している第 1，第 2 の端面 2 a，2 b を有する。端面 2 a を覆うように、励振電極 3 が形成されている。また、圧電体 2 の長さ方向において分散されて、横断面方向に延びる複数の励振電極 4 ～ 1 2 が形成されており、さらに端面 2 b を覆うように励振電極 1 3 が形成されている。

【 0 0 2 2 】

すなわち、励振電極 3 ～ 1 3 は、互いに平行に配置されており、かつ励振電極 3 ～ 1 3 間には、それぞれ圧電体層が介在されている。

圧電体 2 は、励振電極 3 ～ 1 3 と直交する方向において、励振電極の両側の圧電体層が分極処理されている。

【 0 0 2 3 】

上記励振電極 3 ～ 1 3 は、圧電体 2 を構成する圧電セラミックスと共に一体焼成技術を用いて形成することができる。もっとも、他の方法で圧電体 2 及び励振電極 3 ～ 1 3 が形成されていてもよく、また、端面 2 a，2 b 上の励振電極 3，1 3 は、一体焼成技術により圧電体 2 を得た後に、端面 2 a，2 b 上に形成されてもよい。

【 0 0 2 4 】

圧電体 2 は、端面 2 a，2 b を結ぶ上面 2 c、下面 2 d 及び一対の側面 2 e，2 f を有する。上面 2 c 上には、端面 2 a 側に寄せて入力電極 1 4 が形成されており、端面 2 b 側に寄せられて出力電極 1 5 が形成されている。また、下面 2 d 上には、アース電極 1 6 が形成されている。

【 0 0 2 5 】

入力電極 1 4、出力電極 1 5 及びアース電極 1 6 は、励振電極 3 ～ 1 3 と同様の適宜の金属材料により構成することができ、銅、ニッケルまたは銀により構成され得る。

【 0 0 2 6 】

励振電極 4，6，1 0，1 2 の上端には、絶縁性材料 1 8 が付与されており、

励振電極 4, 6 と入力電極 1 4 との電氣的絶縁、並びに励振電極 1 0, 1 2 と出力電極 1 5 との電氣的絶縁が果たされている。励振電極 4, 6, 8, 1 0, 1 2 が、アース電極 1 6 に電氣的に接続されている。

【 0 0 2 7 】

他方、励振電極 5, 7, 9, 1 1 の下端には、絶縁性材料 1 9 が付与されており、それによって励振電極 5, 7, 9, 1 1 と、アース電極 1 6 との電氣的絶縁が図られている。なお、端面 2 a, 2 b に形成されている励振電極 3, 1 3 は、それぞれ、入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 に接続されている。

【 0 0 2 8 】

従って、励振電極 3 ~ 1 3 を、励振電極 3 ~ 1 3 の積層方向において選択的に配置されている複数の励振電極 4, 6, 8, 1 0, 1 2 を第 1 のグループ、残りの励振電極 3, 5, 7, 9, 1 1, 1 3 のうち、第 1 の端面 2 a 側に配置されている複数の励振電極 3, 5, 7 を第 2 のグループ、第 2 の端面 2 b 側に位置している複数の励振電極 9, 1 1, 1 3 を第 3 のグループとしてグループ分けすると、入出力電極 1 4, 1 5 及びアース電極 1 6 と励振電極 3 ~ 1 3 との電氣的接続は以下のとおりとなる。

【 0 0 2 9 】

すなわち、第 1 のグループの励振電極 4, 6, 8, 1 0, 1 2 がアース電極 1 6 に接続されており、第 2 のグループの励振電極 3, 5, 7 が入力電極 1 4 に接続されており、第 3 のグループの励振電極 9, 1 1, 1 3 が出力電極 1 5 に電氣的に接続されていることになる。

【 0 0 3 0 】

なお、励振電極 3 ~ 1 3 は、本実施例では、圧電体 2 の横断面の全域にわたるように形成されているが、必ずしも全域にわたるように形成されておらずともよい。

【 0 0 3 1 】

また、上記絶縁性材料 1 8, 1 9 を構成する材料については特に限定されないが、例えば、絶縁性樹脂や絶縁性接着剤などを用いることができる。

次に、本実施例のマルチモード圧電フィルタ 1 の動作を図 2 (a) ~ (c) を

参照して説明する。

【 0 0 3 2 】

図 2 (a) は、圧電フィルタ 1 の電極構造を略図的に示す正面図である。

いま、入力電極 1 4 とアース電極 1 6 との間に入力信号が印加されると、圧電縦効果により圧電体 2 が励振される。その結果、図 2 (b) で模式的に示す長さモードの 1 0 倍波と、図 2 (c) に模式的に示す長さモードの 9 倍波とが強く励振され、これらのモードが結合されて、通過帯域が構成され、出力電極 1 5 から出力が取り出される。これを、具体的な実験例に基づき説明する。

【 0 0 3 3 】

上記圧電フィルタ 1 として、隣り合う励振電極間に挟まれた圧電体層の厚み（圧電体 2 の長さ方向寸法）を $130\mu\text{m}$ 、圧電体 2 の高さ方向寸法を $100\mu\text{m}$ 、幅方向寸法を $220\mu\text{m}$ 、長さ方向寸法を電極の厚みを省略した場合 $1300\mu\text{m}$ とし、上記圧電フィルタ 1 を作製し、インピーダンス特性及びフィルタ特性を測定した。結果を図 4 及び図 5 に示す。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、励振される 9 倍波及び 1 0 倍波のインピーダンス特性を示す。実線が 9 倍波の特性を、破線が 1 0 倍波の特性を示す。図 4 から明らかなように、9 倍波による応答と 1 0 倍波による応答が近接しており、従って 9 倍波の共振周波数と、1 0 倍波の反共振周波数とを減衰極とするフィルタ特性の得られることがわかる。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、この圧電フィルタの減衰量周波数特性及び群遅延時間特性を示す図である。図 5 において、実線が減衰量周波数特性を、破線が群遅延時間特性を示す。なお、図 5 の右側のスケールの $iE - 0j$ は、 $i \times 10^{-j}$ を示す。図 5 から明らかなように、本実施例によれば、中心周波数が約 12.5MHz であり、帯域幅が約 1.3MHz のフィルタ特性の得られることがわかる。

【 0 0 3 6 】

従来の二重モード圧電フィルタ 2 0 1（図 1 9 参照）では、圧電板 2 0 2 の一方面に形成されている励振電極 2 0 3、2 0 4 間の間隔に対称モード及び反対称

モードの周波数差が依存していたのに対し、本実施例の圧電フィルタ 1 では、9 倍波の周波数と 1 0 倍波の周波数との周波数差は、高次モードの次数の比だけ離れており、励振電極間の間隔に依存しない。すなわち、9 倍波と 1 0 倍波を利用した場合には、9 倍波と 1 0 倍波の次数の比だけ利用モードの周波数が離れて、通過帯域が構成される。従って、所望とする帯域幅に応じて、高次モードを選択すればよく、それによって所望とする帯域幅の得られることがわかる。

【 0 0 3 7 】

例えば、本実施例では、励振電極 3 ～ 1 3 間に 1 0 層の圧電体層が構成されており、9 倍波と 1 0 倍波が効率良く励振されていたが、圧電体層の数を 1 1 とした場合には、1 1 倍波と 1 0 倍波とを利用して二重モード圧電フィルタを構成することができ、それによって帯域幅を容易に調整することができる。

【 0 0 3 8 】

言い換えれば、 n （但し、 n は 3 以上の整数）倍波と、 $(n - 1)$ 倍波とを利用して、二重モード圧電フィルタを構成することができ、 n を選択することにより様々な帯域幅の圧電フィルタを容易に提供し得ることがわかる。従って、広帯域を得るには、次数の離れた 2 つのモードを利用すればよい。

【 0 0 3 9 】

すなわち、従来の二重モード圧電フィルタでは、広い帯域幅を得るには、励振電極 2 0 3, 2 0 4 の形成精度を高めなければならなかったのに対し、本実施例の圧電フィルタ 1 では、励振電極 3 ～ 1 3 の形成精度をさほど高めることなく、所望とする帯域幅や広い帯域幅を容易に実現することができる。

【 0 0 4 0 】

また、圧電フィルタ 1 では、減衰量は、入力電極 1 4 とアース電極 1 6 との間の静電容量 C_{I-G} と、入力電極 1 4 と出力電極 1 5 との間の静電容量 C_{I-0} との比に依存する。すなわち、 C_{I-G} / C_{I-0} が大きい程、言い換えれば C_{I-0} が小さい程減衰量が大きくなる。本実施例では、入力電極 1 4 に電氣的に接続されている励振電極 3, 5, 7 と、出力電極 1 4 に接続されている励振電極 9, 1 1, 1 3 との間にアース電位に接続される励振電極 8 が存在するため、言い換えれば上述した第 2, 第 3 グループの最も近接している関係にある励振電極 7, 9 間に

、第 1 のグループの励振電極 8 が存在しているため、 C_{I-0} が小さくされ、帯域外減衰量の拡大が図られている。従って、従来の圧電フィルタ 2 0 1 に比べ、減衰量を大きくすることができる。

【 0 0 4 1 】

本実施例では、励振電極 3 ～ 1 3 間の圧電体層の厚みは全て等しくしたが、これらの複数の圧電体層の厚みは均一である必要はない。すなわち、任意に厚みを変えることにより、利用しようとする高調波の励振効率を高め、スプリアスとなる次数の高調波の励振効率を低下させることも可能である。

【 0 0 4 2 】

本実施例の圧電フィルタ 1 は、その全体が振動するため、ばね端子等により機械的に支持する必要があるが、図 3 に示す変形例のように、圧電フィルタ 1 の積層型の圧電体 2 の両端面に反射層 2 1, 2 2 及び保持部 2 3, 2 4 を連結することにより、保持部 2 3, 2 4 により機械的に保持することも可能である。図 3 に示す構成では、反射層 2 1, 2 2 は、圧電体 2 の音響インピーダンス値 Z_1 よりも低い第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 を有する材料からなり、保持部 2 3, 2 4 は、第 2 の音響インピーダンス値 Z_2 よりも高い第 3 の音響インピーダンス値 Z_3 を有し、以下に述べるように、反射層 2 1, 2 2 と保持部 2 3, 2 4 との界面にて、圧電体 2 側から伝搬してきた振動を反射させることができる。すなわち、保持部 2 3, 2 4 への振動の漏洩をほとんどなくすることができる。よって、保持部 2 3, 2 4 を利用して機械的に保持したとしても、圧電フィルタ 1 のフィルタ特性にほとんど影響が生じない。

【 0 0 4 3 】

従って、好ましくは、図 3 に示す変形例のように、圧電フィルタの両側に、上記反射層 2 1, 2 2 及び保持部 2 3, 2 4 が連結される。

図 1 9 は、上記反射層 2 1, 2 2 及び保持部 2 3, 2 4 を有する構造において、動作時の変位分布を有限要素法で解析した結果を示す図である。図 1 9 から明らかなように、圧電フィルタ 1 からの振動が保持部 2 3, 2 4 にほとんど伝搬していないことがわかる。従って、保持部 2 3, 2 4 を利用して機械的に保持したとしても、圧電フィルタ 1 のフィルタ特性にはほとんど影響が生じない。好まし

くは、反射層 2 1, 2 2 と保持部 2 3, 2 4 との界面にて伝搬してきた振動をより確実に反射させるには、反射層 2 1, 2 2 の厚みは、伝搬してきた振動の波長を λ とした場合、 $(m\lambda/4) \pm (\lambda/8)$ (但し、 m は奇数) 範囲とすればよい。

【0044】

また、このような反射層 2 1, 2 2 及び保持部 2 3, 2 4 を構成する材料については上記音響インピーダンス関係を満たす限り特に限定されないが、例えば、反射層 2 1, 2 2 は、エポキシ樹脂や、エポキシ樹脂に充填剤を混合してなる複合材料などにより構成することができ、保持部 2 3, 2 4 については、圧電体 2 と同様の圧電セラミックスあるいは他の絶縁性セラミックスにより構成することができる。

【0045】

また、表面実装を容易とするために、図 3 に示す変形例では、端子電極 2 5, 2 6 が形成されている。すなわち、端子電極 2 5, 2 6 は、それぞれ、反射層 2 1 及び保持部 2 3 並びに反射層 2 2 及び保持部 2 4 に至るように形成されており、さらに保持部 2 3, 2 4 の外側端面を経て下面に至るように形成されている。

【0046】

上記のような反射層 2 1, 2 2 及び保持部 2 3, 2 4 を連結した場合、2 素子の圧電フィルタ 1 を、保持部 2 3, 2 4 を利用して連結することができる。このようにして連結された 2 素子型の圧電フィルタのフィルタ特性の一例を図 6 に示す。

【0047】

図 7 は、第 1 の実施例の圧電フィルタ 1 の他の変形例を説明するための模式的正面図である。第 1 の実施例の圧電フィルタ 1 では、絶縁性材料 1 8, 1 9 を用いて、励振電極と、該励振電極が電氣的に接続されてはならない電極との電氣的絶縁が図られていた。これに対して、図 7 に示すように、圧電体 2 の横断面において、励振電極が上面または下面には至らないように形成することにより、励振電極と該励振電極に接続されてはならない電極との電氣的絶縁を図ってもよい。

【0048】

図 7 に示す変形例の圧電フィルタ 3 1 では、励振電極 3, 5, 7, 9, 1 1, 1 3 が、圧電体 2 の下面には至らないように形成されており、それによって、第 2, 第 3 のグループの励振電極 3, 5, 7, 9, 1 1, 1 3 とアース電極 1 6 との電氣的絶縁が図られている。同様に、励振電極 4, 6, 8, 1 0, 1 2 が、圧電体 2 の上面には至らないように形成されており、それによって励振電極 4, 6, 8, 1 0, 1 2 と入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 との電氣的絶縁が図られている。

【0 0 4 9】

図 8 は、本発明の第 2 の実施例に係る圧電フィルタの外観を示す斜視図である。本実施例の圧電フィルタ 4 1 は、圧電縦効果を利用した長さモードを利用した縦結合型マルチモード圧電フィルタであるが、異なる次数のモードとして 3 つのモードを用いたことにおいて第 1 の実施例と異なる。

【0 0 5 0】

すなわち、圧電フィルタ 4 1 は、圧電体 4 2 を有する。圧電体 4 2 は、第 1 の実施例と同様に角棒状の形状を有し、この圧電体 4 2 の長さ方向に伝搬する振動モードの 1 3 倍波、1 4 倍波及び 1 5 倍波が用いられる。

【0 0 5 1】

従って、圧電体 4 2 は、複数の励振電極 4 3 ~ 5 8 を介して積層された 1 5 層の圧電体層を有する。各圧電体層及び励振電極 4 3 ~ 5 8 は、第 1 の実施例と同様に構成されている。また、圧電体 4 2 の上面には、入力電極 1 4、出力電極 1 5 が、それぞれ、第 1 の端面 4 2 a 及び第 2 の端面 4 2 b に寄せられて形成されている。また、圧電体 4 2 の下面には、アース電極 1 6 が形成されている。入力電極 1 4、出力電極 1 5 及びアース電極 1 6 は第 1 の実施例と同様に構成されている。

【0 0 5 2】

本実施例では、励振電極 4 3 ~ 5 8 は、以下のように第 1 ~ 第 3 のグループに分けられる。

第 1 のグループの励振電極…励振電極 4 4, 4 6, 4 8, 5 0, 5 1, 5 3, 5 5, 5 7

第 2 のグループの励振電極…励振電極 4 3, 4 5, 4 7, 4 9

第 3 のグループの励振電極…励振電極 5 2, 5 4, 5 6, 5 8

なお、励振電極 4 3, 5 8 は圧電体 4 2 の端面 4 2 a, 4 2 b を覆うように形成されている。

【0 0 5 3】

励振電極 4 3, 5 8 の外側には、すなわち圧電体 4 2 の外側には、図 3 に示した変形例と同様に、反射層 5 9, 6 0 が連結されており、反射層 5 9, 6 0 の外側に保持部 6 1, 6 2 が連結されている。反射層 5 9, 6 0 及び保持部 6 1, 6 2 は、図 3 に示した変形例と同様に構成されている。従って、保持部 6 1, 6 2 を利用して機械的に保持したとしても、圧電フィルタ 4 1 のフィルタ特性にほとんど影響が生じない。

【0 0 5 4】

その他の構成については、第 1 の実施例の圧電フィルタ 1 と同様にであるため、第 1 の実施例の説明を援用することにより省略する。

本実施例においても、圧電体 4 2 は、その長さ方向に分極処理されている。従って、入力電極 1 4 とアース電極 1 6 との間に入力電圧を印加すると、圧電体 4 2 が励振される。この場合に励振されるモードを図 9 を参照して説明する。

【0 0 5 5】

図 9 (a) は圧電フィルタ 4 1 の電極構造を模式的に示す図であり、ここでは、反射層及び保持部は省略されている。上記のように入力電圧が印加されると、図 9 (b) に示す 1 4 倍波、図 9 (c) に示す 1 3 倍波及び図 9 (a) に示す 1 5 倍波がそれぞれ、強く励振される。この場合の各高調波のインピーダンス特性及びフィルタ特性を具体的な実験例に基づき説明する。

【0 0 5 6】

第 1 の実施例と同様に、隣り合う励振電極間の圧電体層の厚み（圧電体 4 2 の長さ方向寸法）を $130\ \mu\text{m}$ 、圧電体 4 2 の高さ方向寸法を $100\ \mu\text{m}$ 、幅方向寸法を $220\ \mu\text{m}$ とし、圧電体 4 2 の長さ方向寸法を電極の厚みを無視して、 $1950\ \mu\text{m}$ とし、第 1 の実施例の場合と同様に、インピーダンス—周波数特性及びフィルタ特性を測定した。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、本実施例の圧電フィルタ 4 1 のインピーダンス特性を示し、実線で示すインピーダンス特性上には、1 3 倍波及び 1 5 倍波による応答が現れており、破線で示す特性上には 1 4 倍波の応答が現れている。従って、これら 3 つの高調波が結合され、すなわち 1 3 倍波の共振周波数と、1 5 倍波の反共振周波数が減衰極となる通過帯域が得られる。

【 0 0 5 8 】

よって、図 1 3 に実線で示す減衰量一周波数特性及び破線で示す群遅延時間特性から明らかなように、広帯域のフィルタ特性が得られる。ここでは、中心周波数が約 1 2 . 8 M H z であり、帯域幅が約 1 . 5 M H z の通過帯域が得られている。

【 0 0 5 9 】

このように、本実施例では、3 つの高調波が結合されているので、第 1 の実施例の圧電フィルタ 1 に比べてより一層広帯域化を図ることができる。

また、本実施例においても、利用する高調波の種類を異ならせることにより、様々な帯域幅を容易に得ることができる。

【 0 0 6 0 】

本実施例から明らかなように、本発明における縦結合型マルチモード圧電フィルタでは、3 つの高調波を利用することができるが、圧電体内に配置される励振電極の位置を調整することにより、4 つ以上の高調波を効率良く励振させ、4 つ以上の高調波を結合してなるマルチモード圧電フィルタを構成してもよい。

【 0 0 6 1 】

本実施例においても、隣り合う励振電極間の圧電体層の厚みは全て等しくされる必要はなく、複数の圧電体層の厚みを異ならせることにより、目的とする次数の高調波の励振効率を高めてもよく、あるいはスプリアスとなる次数の高調波の励振効率を低下させてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、本実施例においても、入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 に接続されている最も近接している励振電極間に、アース電極 1 6 に接続されている励振電極 5 0

、51が介在されているので、第1の実施例の場合と同様に C_{I-0} を小さくすることができ、減衰量の拡大を図ることが可能とされている。

【0063】

本実施例の圧電フィルタ41においても、2つの圧電フィルタ41を保持部間を絶縁性接着剤等により結合し、2素子型の圧電フィルタを構成してもよい。このような2素子型の圧電フィルタのフィルタ特性の一例を図14に示す。

【0064】

図14から明らかなように、2つの圧電フィルタ41を接続することにより、より選択度に優れたフィルタ特性を得ることができる。

なお、このような2つの圧電フィルタ41を用いた圧電フィルタ装置の一例を図10を参照して説明する。

【0065】

図10に示す圧電フィルタ装置では、ケース基板65上に、絶縁性接着剤66、67で連結された圧電フィルタ41、41が実装される。そして、圧電フィルタ41、41を覆うように、金属キャップ68が実装基板65に絶縁性接着剤を用いて固定される。このようにして、圧電フィルタ41、41が内部に封止された圧電フィルタ装置を得ることができる。なお、実装基板65上には、電極65a～65dが形成されており、該電極65a～65dにより、圧電フィルタ41、41間の電氣的接続が図れると共に、ケース外に引き出される端子電極が構成される。

【0066】

なお、図10に示されている例では、2個の圧電フィルタ41、41は横方向に連結されていたが、図11に示すように、絶縁性接着剤69a、69bを介して2個の圧電フィルタ41、41が上下に連結されていてもよい。

【0067】

図15は、圧電フィルタ41の変形例を説明するための略図的正面図である。圧電フィルタ41においては、絶縁性材料18、19により、励振電極と該励振電極とは接続されてはならない電極との電氣的絶縁が図られていたが、図7に示した第1の実施例の変形例と同様に、圧電フィルタ41においても、励振電極を

圧電体 4 2 の上面または下面に至らないように形成することにより、励振電極と該励振電極が電氣的に接続されてはならない電極との電氣的絶縁を図ってもよい。

【 0 0 6 8 】

第 1, 第 2 の実施例では、圧電体 2, 4 2 の長さモードの高調波を利用したマルチモード圧電フィルタが構成されていたが、本発明に係るマルチモード圧電フィルタは、長さモードを利用したものに限定されない。

【 0 0 6 9 】

図 1 6 ～図 1 8 を参照して、他の振動モードを利用した本発明に係る縦結合型マルチモードモード圧電フィルタを説明する。

図 1 6 (a) ～ (c) は、本発明の第 3 の実施例に係るマルチモード圧電フィルタの構造を示す略図的斜視図、 (b) 及び (c) は、該圧電フィルタにおいて励振される高調波を説明するための模式図である。

【 0 0 7 0 】

圧電フィルタ 7 1 では、複数の励振電極 7 3 ～ 8 3 が圧電体層を介して積層されて、積層型圧電体 7 2 が構成されている。圧電体層を構成する圧電材料については、第 1 の実施例と同様に、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスのような適宜の圧電セラミックスが用いられる。

【 0 0 7 1 】

積層型圧電体 7 2 では、励振電極 7 3 ～ 8 3 が積層されている方向、すなわち図 1 6 (a) の上下方向を厚み方向とする。積層型圧電体 7 2 の上面 7 2 a には励振電極 7 3 が形成されており、下面 7 2 b には、励振電極 8 3 が形成されている。他の励振電極 7 4 ～ 8 2 は内部電極の形態で形成されている。

【 0 0 7 2 】

なお、本実施例では、上面 7 2 a 及び下面 7 2 b が励振電極 7 3 ～ 8 3 と直交する方向において対向しており、本発明における第 1, 第 2 の端面を構成している。

【 0 0 7 3 】

従って、積層型圧電体 7 2 の側面 7 2 c においては、第 1 の端面としての上面

7 2 a 側に寄せられて入力電極 1 4 が、第 2 の端面としての下面 7 2 b 側に寄せられて出力電極 1 5 が形成されている。また、側面 7 2 c と対向している側面 7 2 d 上にアース電極（図示せず）が形成される。

【0 0 7 4】

よって、励振電極 7 3 ～ 8 3 を、前述した第 1 ～ 第 3 のグループに分類すると以下のとおりとなる。

第 1 のグループの励振電極…励振電極 7 4, 7 6, 7 8, 8 0, 8 2

第 2 のグループの励振電極…励振電極 7 3, 7 5, 7 7

第 3 のグループの励振電極…励振電極 7 9, 8 1, 8 3

本実施例において、入力電極 1 4 とアース電極との間に入力信号を印加すると、図 1 6 (b) に模式的に示す厚み縦振動の 1 0 倍波と、図 1 6 (c) に模式的に示す厚み縦振動の 9 倍波とが強く励振される。

【0 0 7 5】

従って、上記 1 0 倍波と 9 倍波とが結合されて、広い帯域幅の通過帯域を得ることができる。すなわち、本実施例は、圧電縦効果を利用しており、厚み縦振動の 9 倍波と 1 0 倍波を用いた縦結合型の二重モード圧電フィルタであり、第 1, 第 2 の実施例と同様に、利用する振動モードは異なるが、異なる次数の高調波を結合させることにより、広い帯域幅を得ることができる。しかも、本実施例においても、利用しようとする高調波を異ならせることにより、所望とする帯域幅を容易に得ることができる。すなわち、積層される圧電体層の数を調整することにより、目的とする高調波を効率良く励振させることができ、それによって様々な帯域幅の圧電フィルタを容易に提供することができる。

【0 0 7 6】

また、複数の圧電体層において、異なる厚みの圧電体層を設けたりすることにより、利用しようとする高調波を効率良く励振させたり、スプリアスとなる次数の高調波の励振効率を低め、それによって良好なフィルタ特性を容易に得ることができる。

【0 0 7 7】

図 1 7 (a) は、第 3 の実施例の圧電フィルタ 7 1 の変形例に係る圧電フィル

タ 9 1 を示す略図的斜視図であり、図 1 7 (b) 及び (c) は、励振される高調波を模式的に示す図である。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 に示した圧電フィルタ 7 1 では、励振電極 7 3 ～ 8 3 は、圧電体層を介して積層型圧電体 7 2 の中央領域で対向されており、各圧電体層の平面形状が細長い矩形すなわちストリップ状とされていたが、本発明における圧電体層の形状や励振電極の形状については様々に変形することができる。例えば、圧電フィルタ 9 1 では、励振電極 9 3 ～ 1 0 3 は、励振電極 9 5 及び 1 0 0 を例にとり示すように、積層型圧電体 9 2 のある高さ位置において、圧電体の中央に延ばされたストリップ状の形状を有する。そして、励振電極 9 3 ～ 1 0 3 は、ストリップ状部分が圧電体層を介して重なり合う部分において圧電体層を介して対向されている。従って、各圧電体層は、上下に位置している励振電極間に電圧が印加された場合、エネルギー閉じ込め型の厚み縦振動モードで励振される。このように、各圧電体層の一部で両側の励振電極が対向されていてもよく、それによって、エネルギー閉じ込め型の圧電フィルタが構成される。

【 0 0 7 9 】

本変形例に係る圧電フィルタ 9 1 においては、励振電極の形状が異なることを除いては、圧電フィルタ 7 1 と同様に構成されている。従って、図 1 7 (b) 及び (c) に示すように、圧電フィルタ 9 1 においても、10 倍波と 9 倍波が効率良く励振され、圧電フィルタ 7 1 と同様に広帯域のフィルタ特性を得ることができる。なお、圧電フィルタ 9 1 では、励振電極 9 3 ～ 1 0 3 は、圧電体 9 2 のある高さ位置において中央領域において対向されているだけであり、かつ積層型圧電体 9 2 のコーナー部分に狭い幅で引き出されている。従って、励振電極、特に内部電極の形態の励振電極 9 4 ～ 1 0 2 の上下の圧電体層が強固に密着されることになるため、積層型圧電体 9 2 の強度が高められ、高周波化に適している。

【 0 0 8 0 】

また、第 1 ～ 第 3 の実施例の各圧電フィルタに比べ、エネルギー閉じ込め型であるため、励振電極 9 3 ～ 1 0 3 の引出し部の位置を様々に変形することが容易であり、励振電極 9 3 ～ 1 0 3 の電極引出しのための設計の自由度が高められる

。

【0081】

図18(a)は、厚み滑りモードを利用した本発明に従って構成された縦結合型二重モード圧電フィルタを示す模式的斜視図であり、図18(b)及び(c)は、この圧電フィルタ111により励振される10倍波及び9倍波を模式的に示す各図である。

【0082】

圧電フィルタ111では、圧電フィルタ71と同様に積層型圧電体72及び励振電極73～83が構成されている。もっとも、本実施例では、積層型圧電体72は、第1、第2の端面としての上面72a及び下面72bと平行な方向Pに分極処理されている。従って、入力電極14とアース電極（図示せず）との間に入力信号を印加した場合、隣り合う励振電極間に挟まれた圧電体層が励振され、厚み滑りモードの振動が強く励振される。そして、本実施例においても、積層型圧電体72を用いて構成されており、励振電極73～83が積層されており、すなわち10層の圧電体層が積層されているので、図18(b)に示す10倍波と、図18(c)に示す9倍波が強く励振される。

【0083】

よって、圧電フィルタ111では、厚み滑りモードの10倍波と9倍波を利用して、広帯域のフィルタ特性を得ることができる。

本実施例においても、圧電フィルタ71と同様に、励振電極73～83は積層型圧電体の中央方向において重なり合っているため、励振電極の両側の圧電体層の結合強度が高められ、従って高周波化に適している。

【0084】

また、厚み滑り振動は、厚み縦振動に比べて電気機械結合係数が大きいので、より一層広帯域化を図ることができる。

図16～図18に示した圧電フィルタ71、91、111においても、第2の実施例と同様に、3種以上の高調波を利用して三重モード圧電フィルタを構成してもよく、さらに4以上の振動モードを利用してもよい。

【0085】

さらに、第 1 ～ 第 3 の実施例及び各変形例から明らかなように、本発明において利用される振動モードは特に限定されるものではない。

【 0 0 8 6 】

【発明の効果】

第 1 の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタでは、入力信号が印加されると、積層型圧電体において異なる次数のモードの振動が励振されかつ結合され、通過帯域を得ることができる。従って、複数の圧電体層の数を調整することにより、様々な異なる次数のモードを利用することができ、それによって広帯域のフィルタ特性を容易に得ることができる。

【 0 0 8 7 】

また、従来の二重モード圧電フィルタでは、圧電板の一方面にギャップを隔てて形成された励振電極間の間隔により各モードの周波数差が決定されるため、広い帯域幅を得るには励振電極の形成精度を高めねばならなかったのに対し、本発明では、利用しようとするモードを選択するだけで容易に広帯域化を図ることができる。

【 0 0 8 8 】

さらに、従来の二重モード圧電フィルタでは、広帯域化を図るために圧電板の一方面に形成された励振電極間の間隔を狭くした場合、入出力間の容量が増大し、減衰量が低下したのに対し、本発明に係るマルチモード圧電フィルタでは、広帯域化を図るために励振電極間の間隔を狭くする必要がないため、大きな減衰量を容易に得ることができる。

【 0 0 8 9 】

よって、本発明によれば、広帯域かつ大きな減衰量の縦結合型のマルチモード圧電フィルタを安価に提供することが可能となる。

第 2 の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタでは、積層型圧電体の第 1，第 2 の端面を結ぶ方向が長さ方向とされている、異なる次数の長さモードの振動を利用したマルチモード圧電フィルタが構成され、本発明に従って、広帯域化及び減衰量の拡大を容易に果たし得る。

【 0 0 9 0 】

第 3 の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタにおいても、第 1 の発明と同様に、広帯域化及び減衰量の拡大を容易に図ることができ、従って、厚み縦振動モードの高調波を利用したフィルタ特性に優れた圧電フィルタを提供することができる。

【 0 0 9 1 】

第 4 の発明に係る縦結合型マルチモード圧電フィルタでは、第 1 ～第 3 の発明と同様に、広帯域化及び減衰量の拡大を容易に図ることができ、従って、厚み滑りモードの高調波を利用したフィルタ特性に優れた縦結合型マルチモード圧電フィルタを提供することができる。

【 0 0 9 2 】

また、本発明では、異なる次数のモードとして、 n 倍波と $(n-1)$ 倍波を用いた場合には、二重モード圧電フィルタを本発明に従って構成することができ、 n 倍波と、 $(n-1)$ 倍波と、 $(n+1)$ 倍波とを用いた場合には、本発明に従って三重モード圧電フィルタを構成することができ、より一層の広帯域化を図ることができる。

【 0 0 9 3 】

第 1 のグループの少なくとも一層の励振電極が、第 2，第 3 のグループの最も近接している励振電極間に位置している場合には、入出力間の静電容量を小さくすることができ、それによって減衰量をより一層大きくすることができる。

【 0 0 9 4 】

積層型圧電体に、反射層及び保持部を連結し、反射層の音響インピーダンス値が圧電体及び保持層よりも低くされている場合には、反射層と保持部との界面において積層型圧電体から伝搬してきた振動を反射させることができ、それによって圧電フィルタの特性に影響を与えることなく保持部を利用して機械的に圧電フィルタを保持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) 及び (b) は、本発明の第 1 の実施例に係るマルチモード圧電フィルタの外観を示す斜視図及び縦断面図。

【図 2】

(a) は、第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタを略図的に示す正面図、
(b) 及び (c) は、第 1 の実施例において強く励振される 10 倍波及び 9 倍波
を模式的に示す図。

【図 3】

第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタの変形例を説明するための縦断面図

【図 4】

第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタのインピーダンス特性を示す図。

【図 5】

第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタのフィルタ特性を示す図。

【図 6】

第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタを 2 素子接続した場合のフィルタ特
性を示す図。

【図 7】

第 1 の実施例のマルチモード圧電フィルタの他の変形例を説明するための模式
的正面図。

【図 8】

第 2 の実施例に係るマルチモード圧電フィルタの外観を示す斜視図。

【図 9】

(a) は、第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタの電極構造を説明するた
めの模式的正面図、(b) ～ (d) は、第 2 の実施例で強く励振される、それぞ
れ、14 倍波、13 倍波及び 15 倍波を説明するための各模式図。

【図 10】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタを用いたフィルタ装置の分解斜視図

【図 11】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタを上下方向に積層した構造を説明す
るための斜視図。

【図 1 2】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタのインピーダンス特性を示す図。

【図 1 3】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタのフィルタ特性を示す図。

【図 1 4】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタを 2 素子接続した構造のフィルタ特性を示す図。

【図 1 5】

第 2 の実施例のマルチモード圧電フィルタの変形例を説明するための略図的正面図。

【図 1 6】

(a) は、本発明の第 3 の実施例に係る厚み縦振動モードを利用したマルチモード圧電フィルタの略図的斜視図、(b) 及び (c) は、第 3 の実施例において強く励振される 10 倍波及び 9 倍波を模式的に示す図。

【図 1 7】

(a) は、第 3 の実施例のマルチモード圧電フィルタの変形例を説明するための模式的斜視図、(b) 及び (c) は、(a) に示したマルチモード圧電フィルタで強く励振される 10 倍波及び 9 倍波を説明するための各模式図。

【図 1 8】

(a) は、厚み滑りモードを利用した本発明に係るマルチモード圧電フィルタの実施例を説明するための模式的斜視図、(b) 及び (c) は、(a) に示したマルチモード圧電フィルタで励振される 10 倍波及び 9 倍波をそれぞれ示す模式図。

【図 1 9】

反射層及び保持部を備えた圧電フィルタの変位分布を有限要素法により解析した結果を示す図。

【図 2 0】

従来の厚み縦振動モードを利用した二重モード圧電フィルタを示す断面図。

【図 2 1】

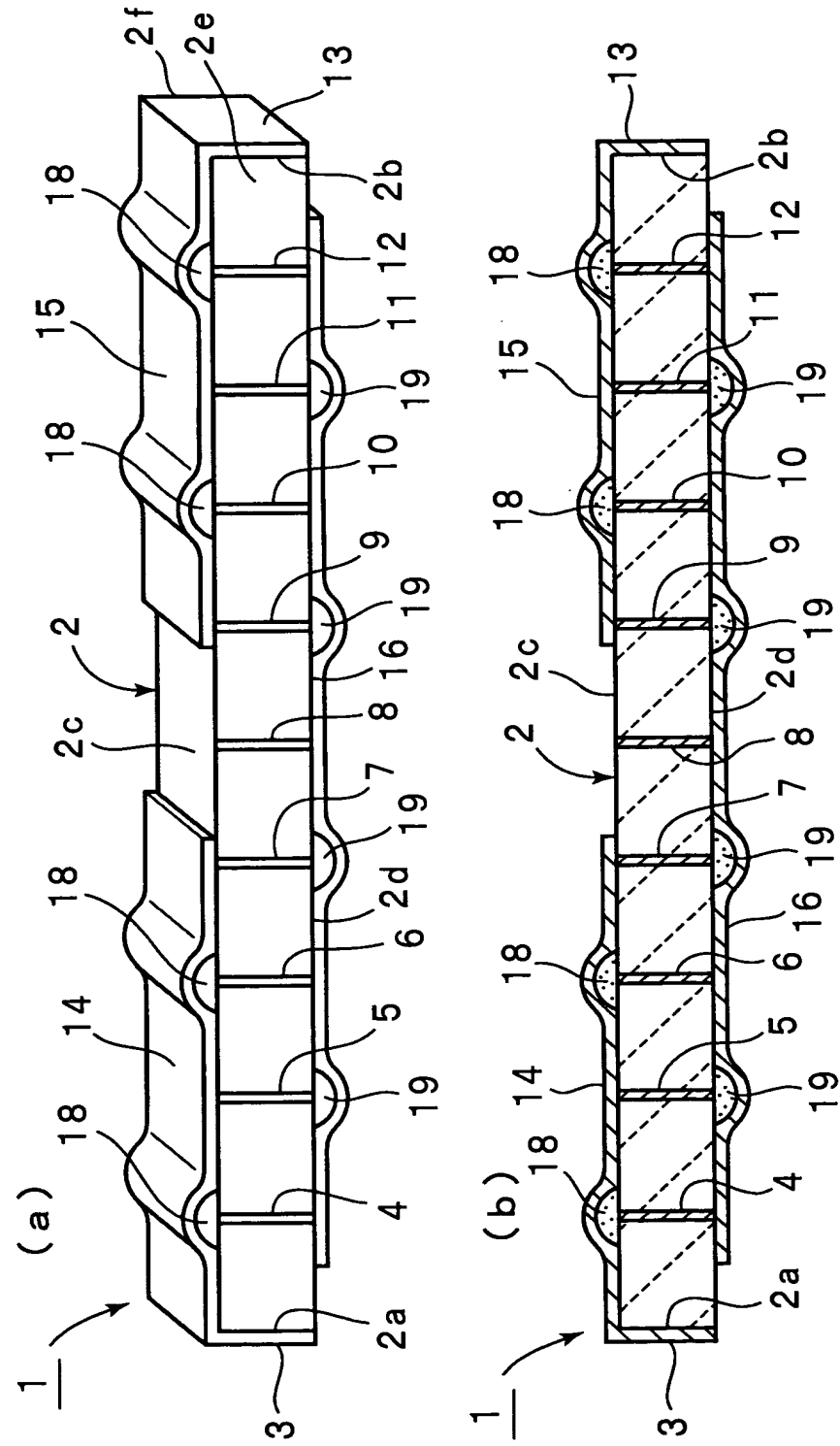
(a) 及び (b) は、それぞれ、図 2 0 に示した従来の二重モード圧電フィルタにおいて励振される対称モード及び反対称モードを説明するための模式図。

【符号の説明】

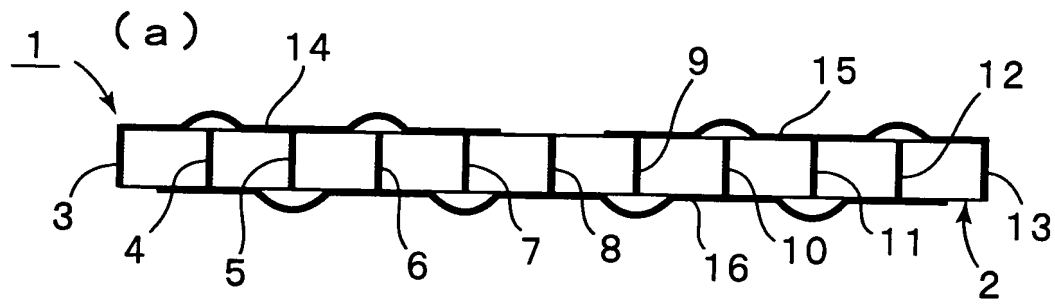
- 1 …マルチモード圧電フィルタ
- 2 …圧電体
- 2 a, 2 b …第 1, 第 2 の端面
- 2 c …上面
- 2 d …下面
- 2 e, 2 f …側面
- 3 ～ 1 3 …励振電極
- 1 4 …入力電極
- 1 5 …出力電極
- 1 6 …アース電極
- 1 8, 1 9 …絶縁性材料層
- 2 1, 2 2 …反射層
- 2 3, 2 4 …保持部
- 3 1 …圧電フィルタ
- 4 1 …圧電フィルタ
- 4 2 …圧電体
- 4 3 ～ 5 8 …励振電極
- 5 9, 6 0 …反射層
- 6 1, 6 2 …保持部
- 7 1 …圧電フィルタ
- 7 2 …圧電体
- 7 3 ～ 8 3 …励振電極
- 9 1 …圧電フィルタ
- 9 2 …圧電体
- 9 3 ～ 1 0 3 …励振電極
- 1 1 1 …圧電フィルタ

【書類名】 図面

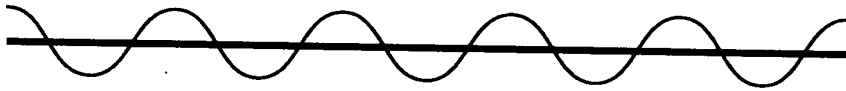
【図 1】



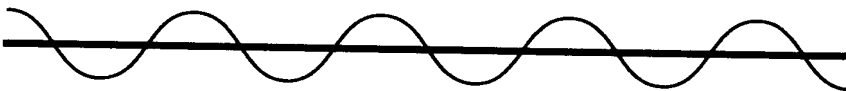
【図 2】



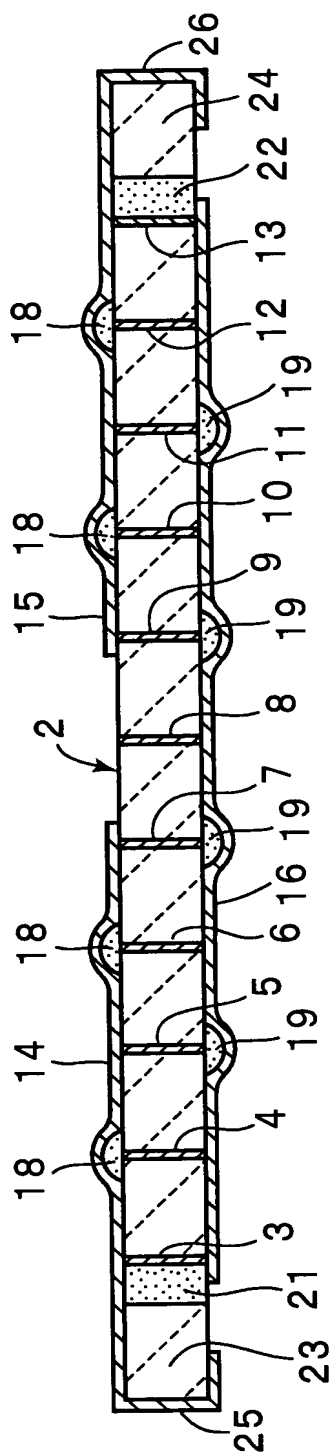
(b)



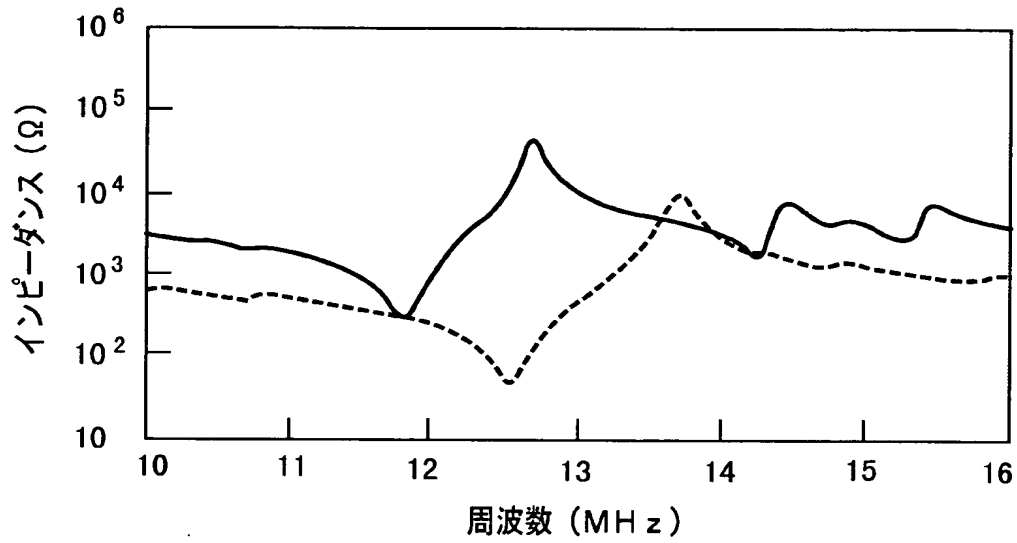
(c)



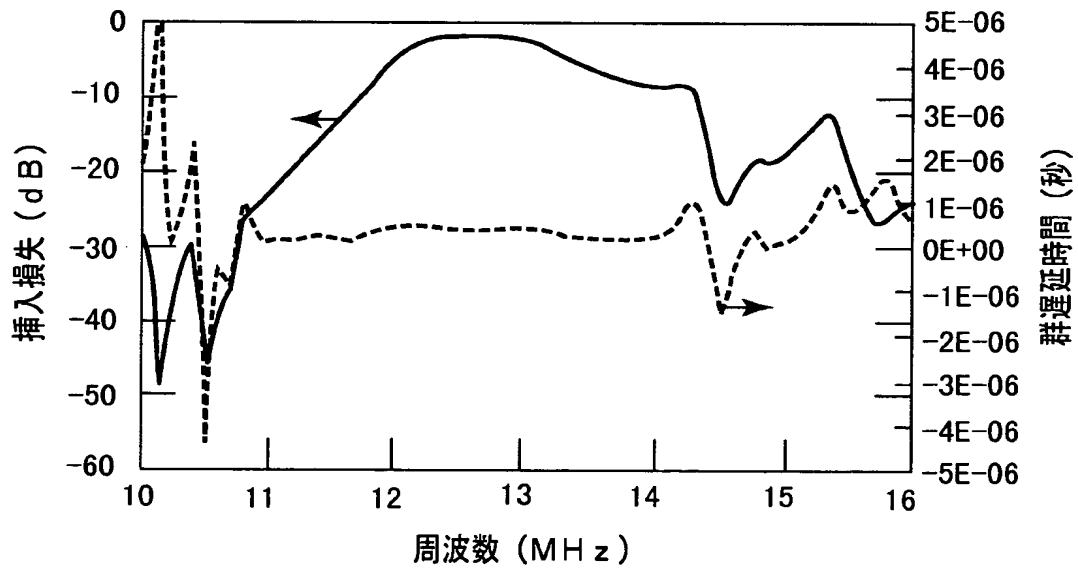
【図 3】



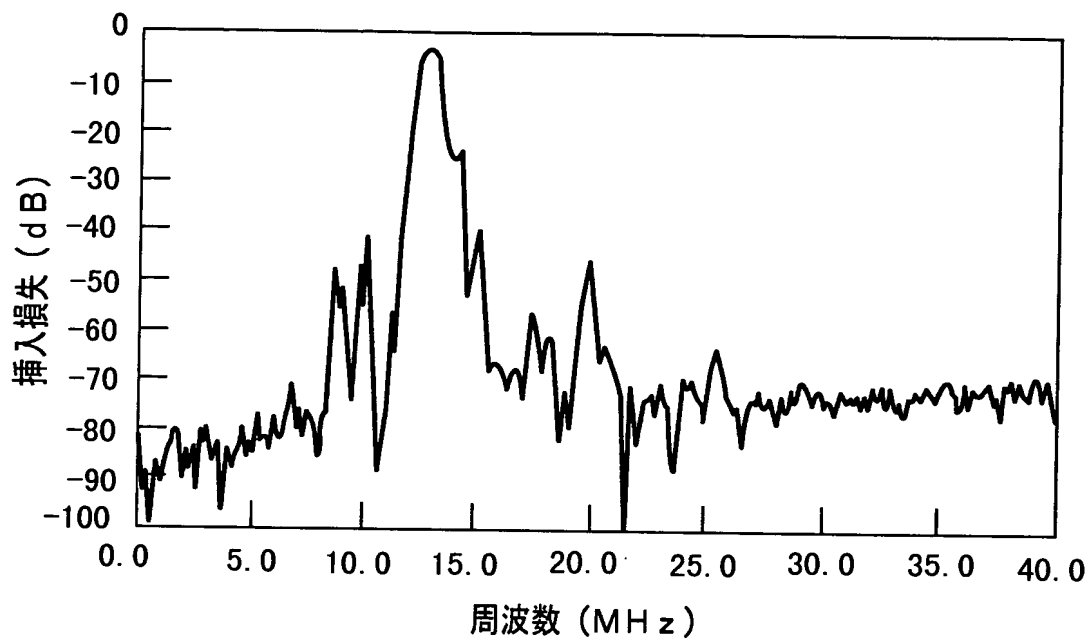
【図 4】



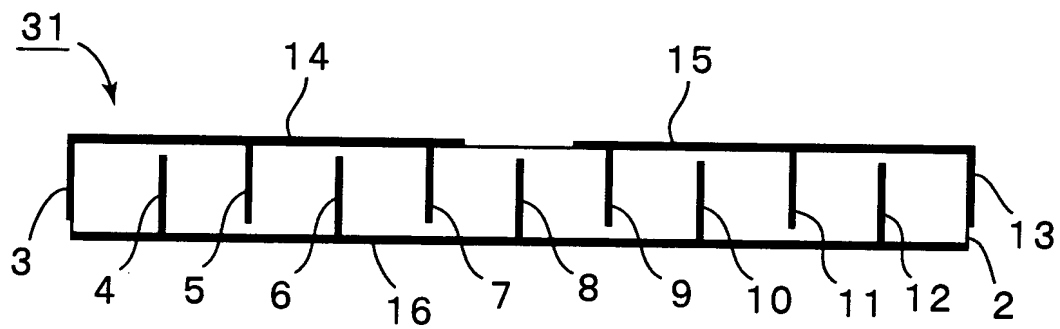
【図 5】



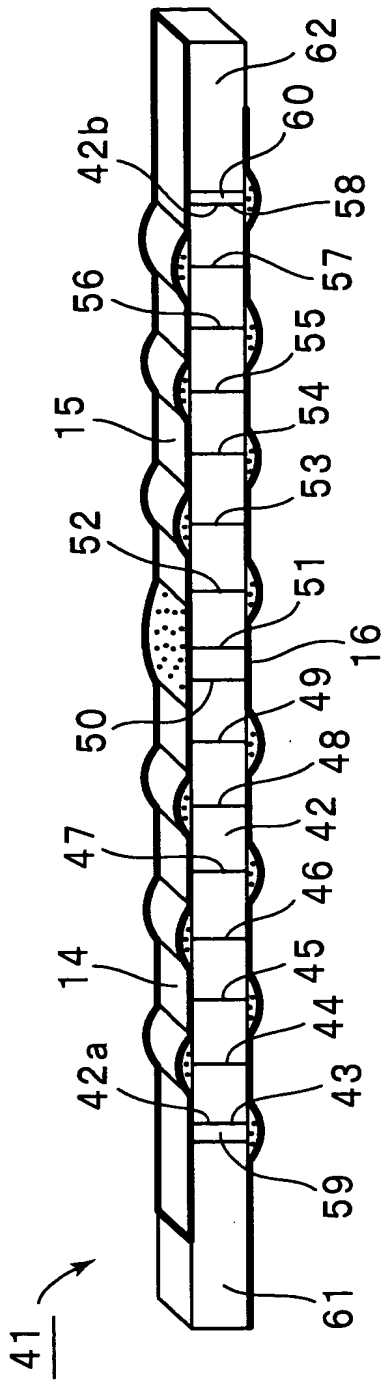
【図 6】



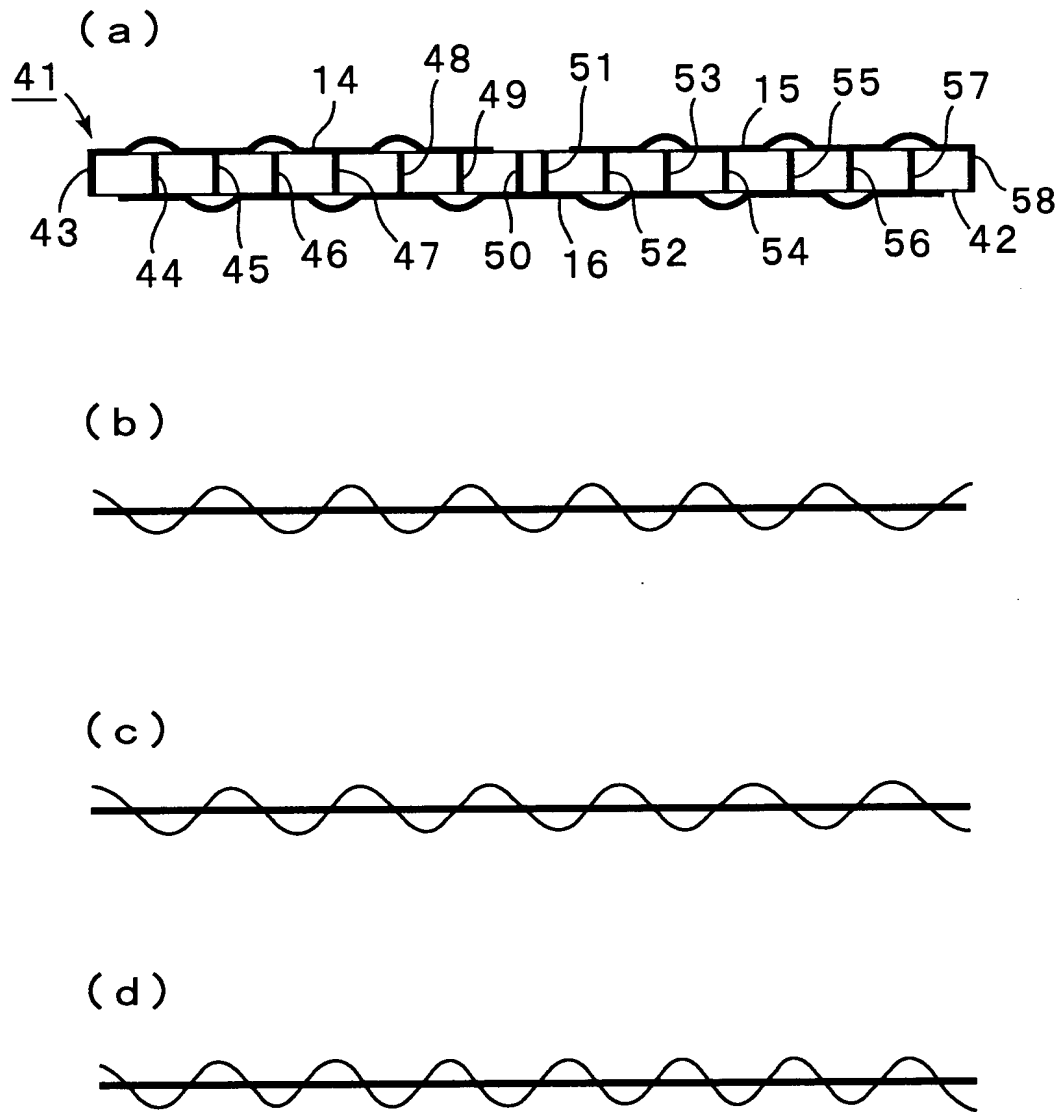
【図 7】



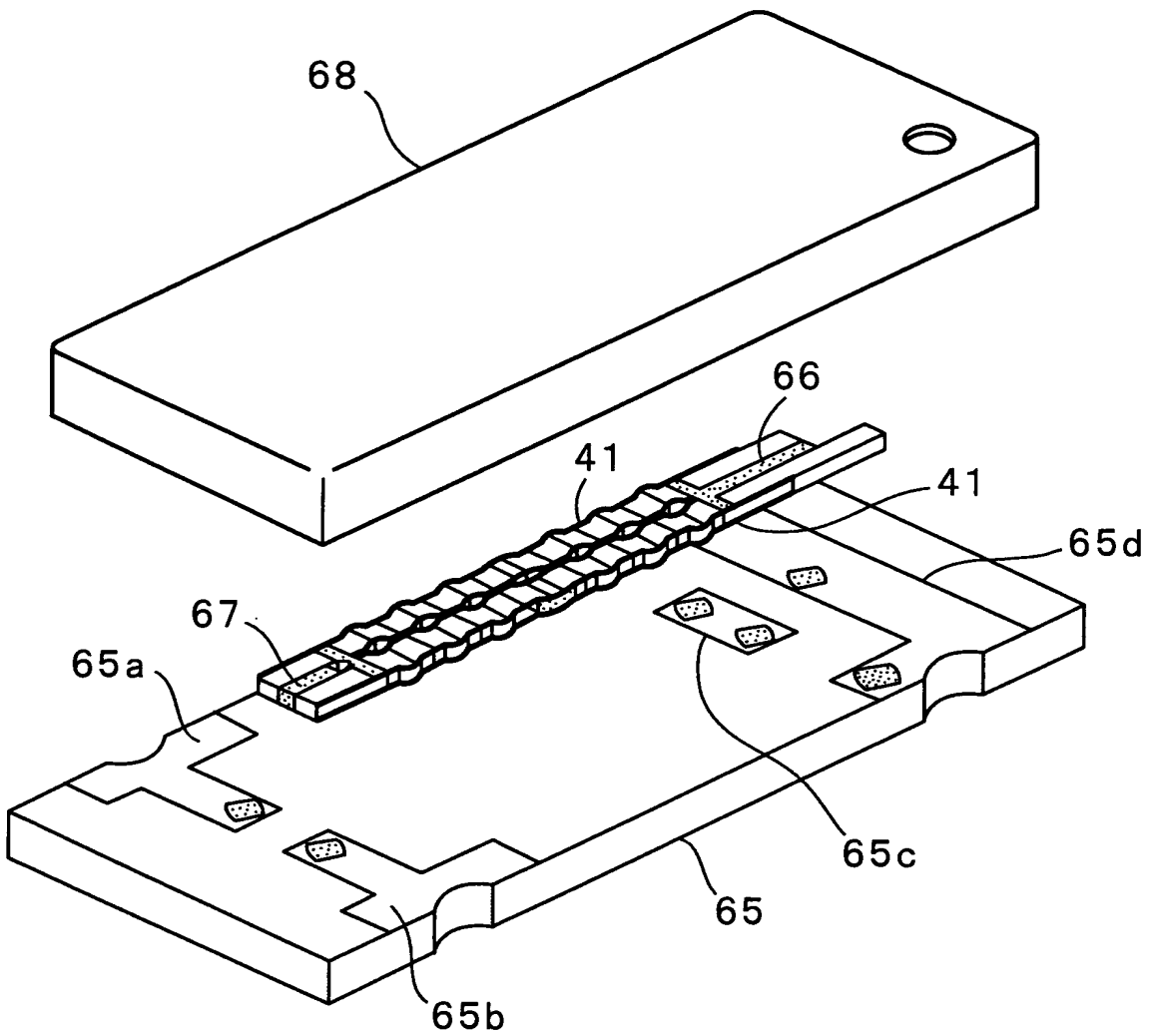
【図 8】



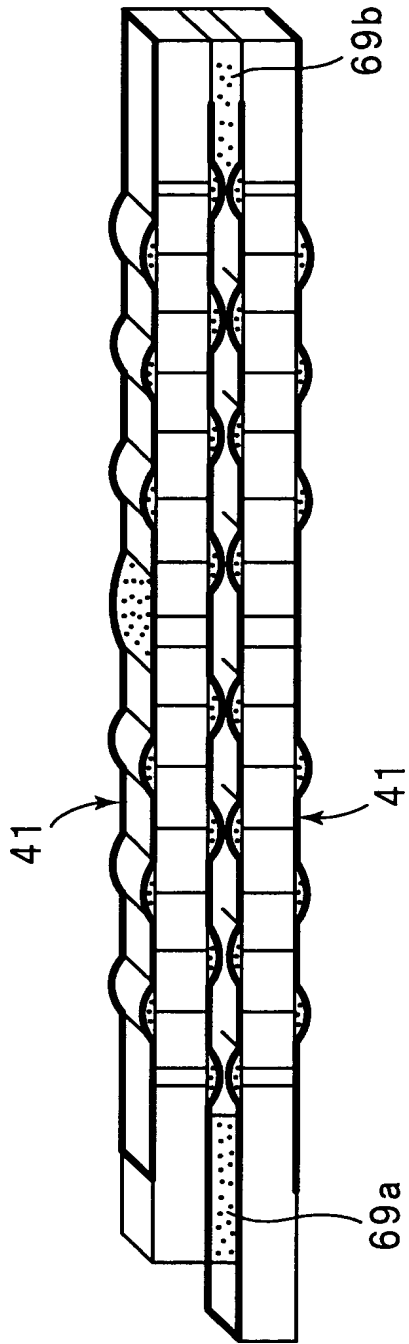
【図 9】



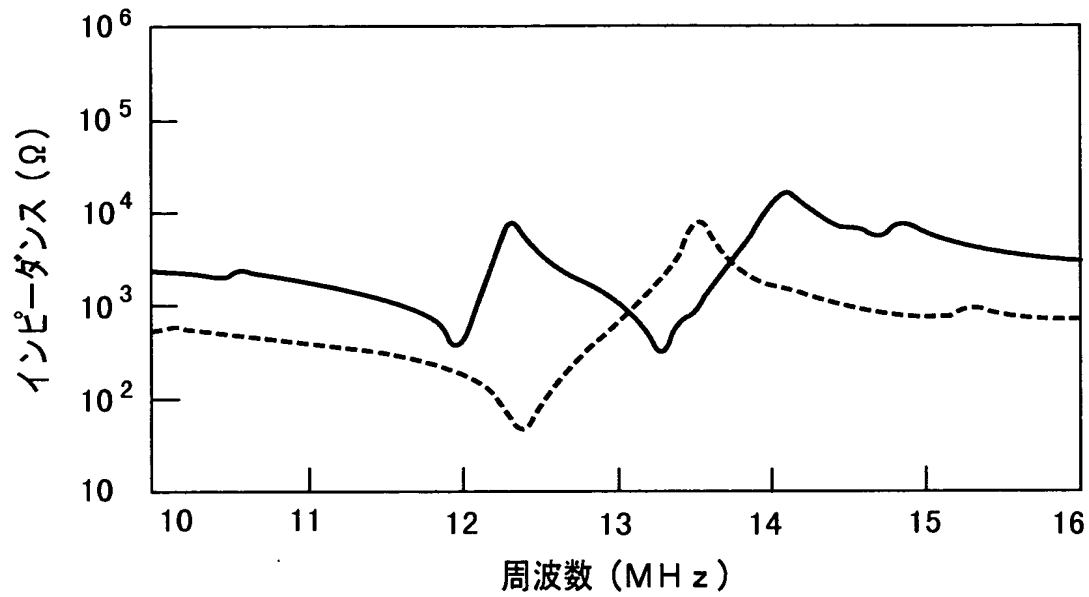
【図 1 0】



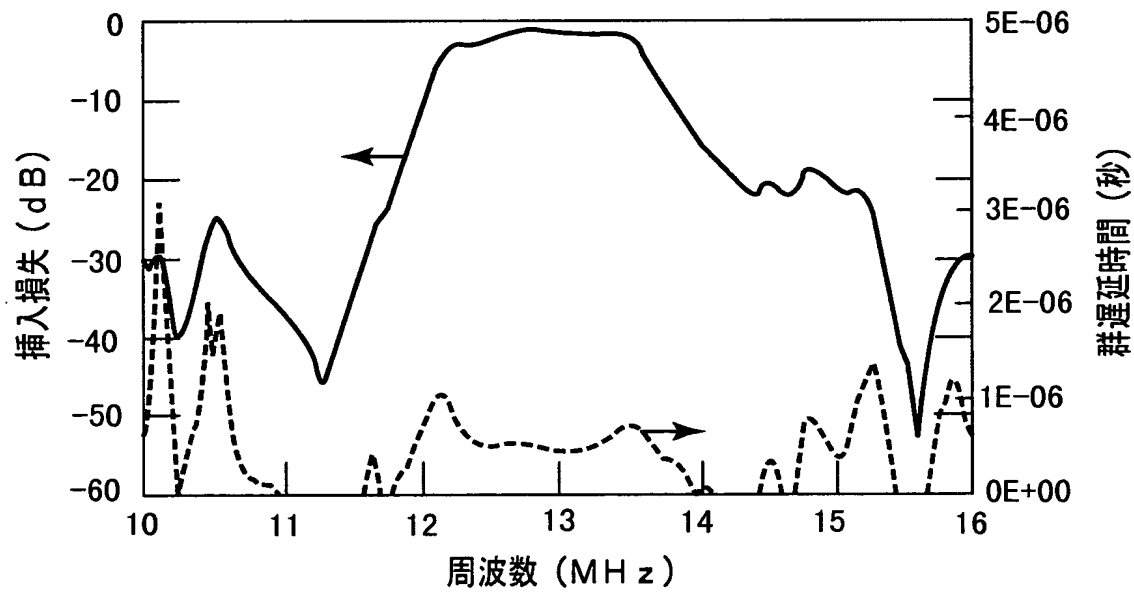
【図 1 1】



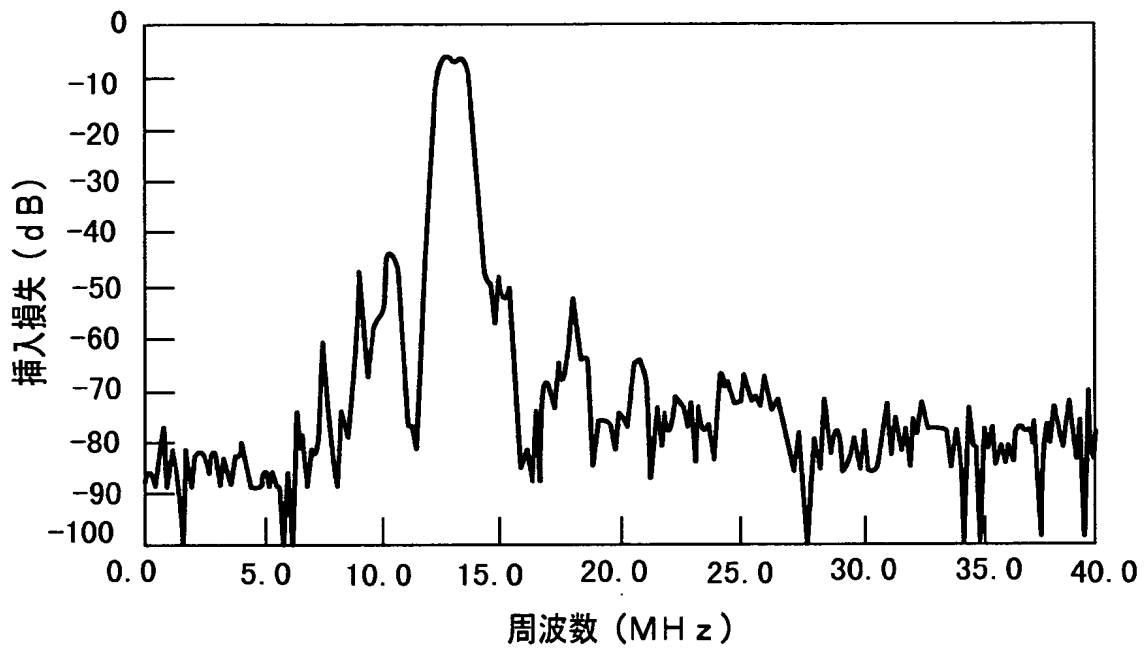
【図 1 2】



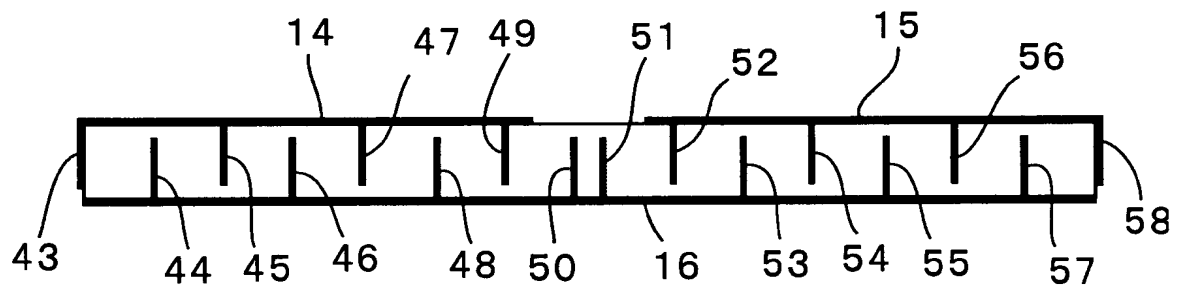
【図 1 3】



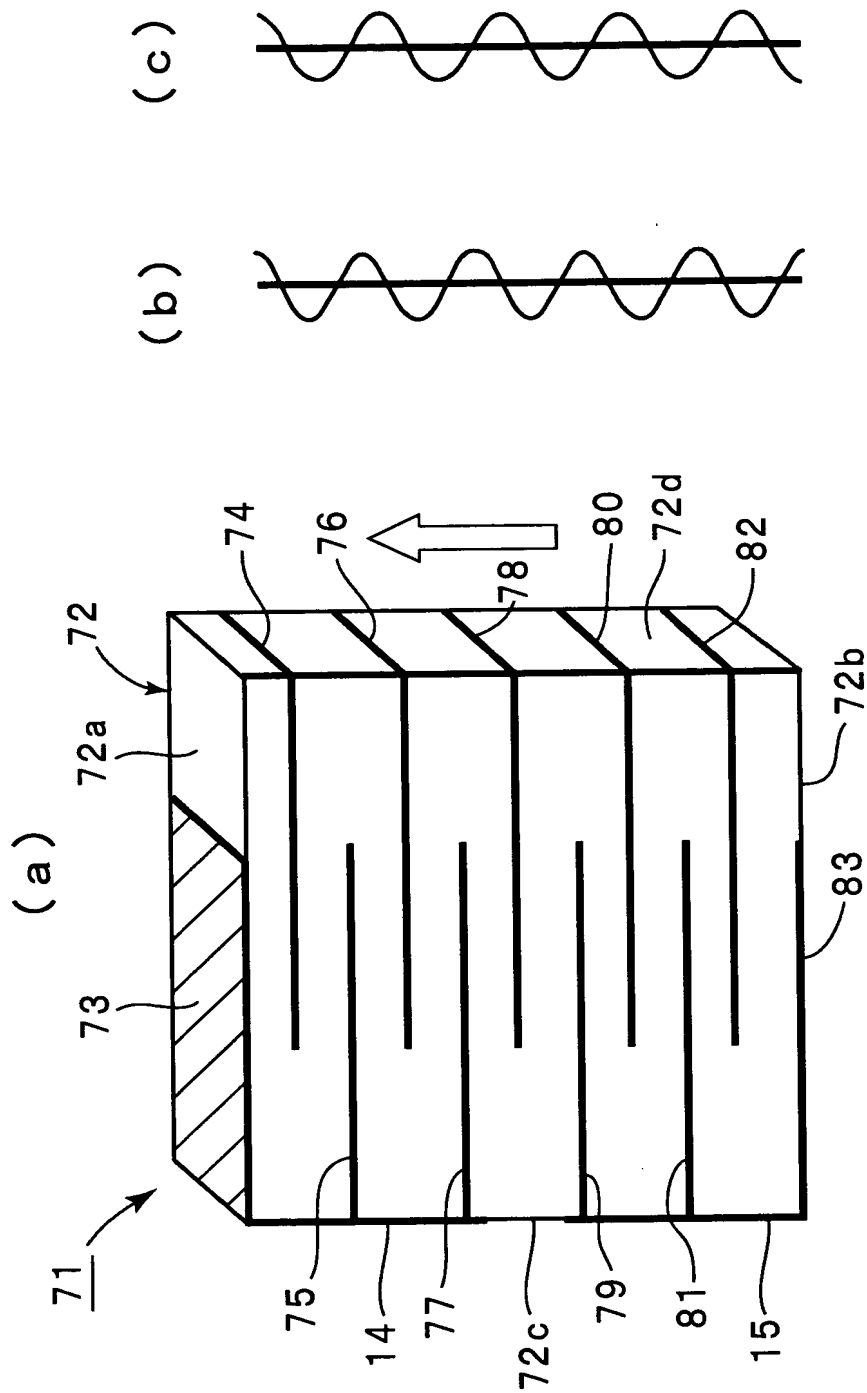
【図 1 4】



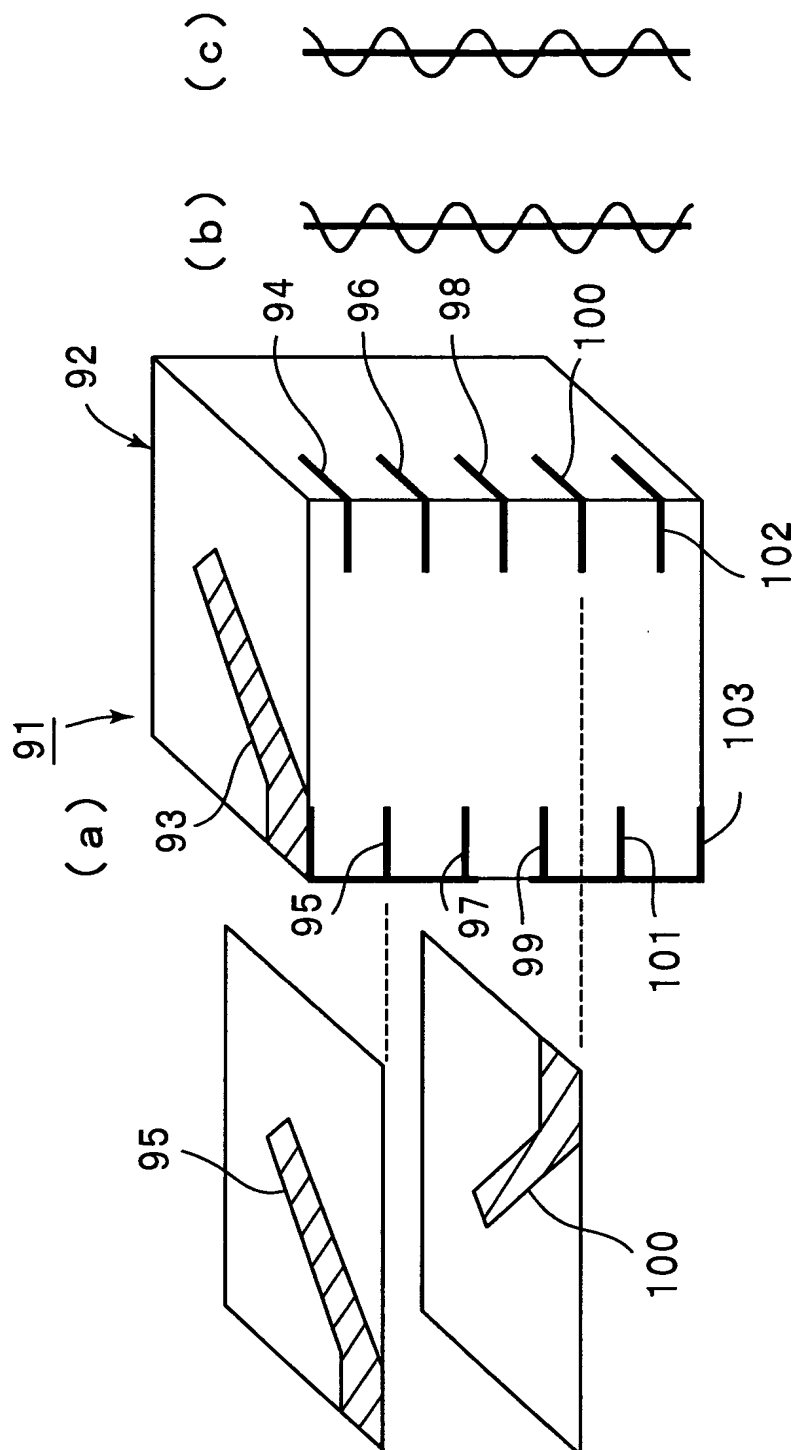
【図 1 5】



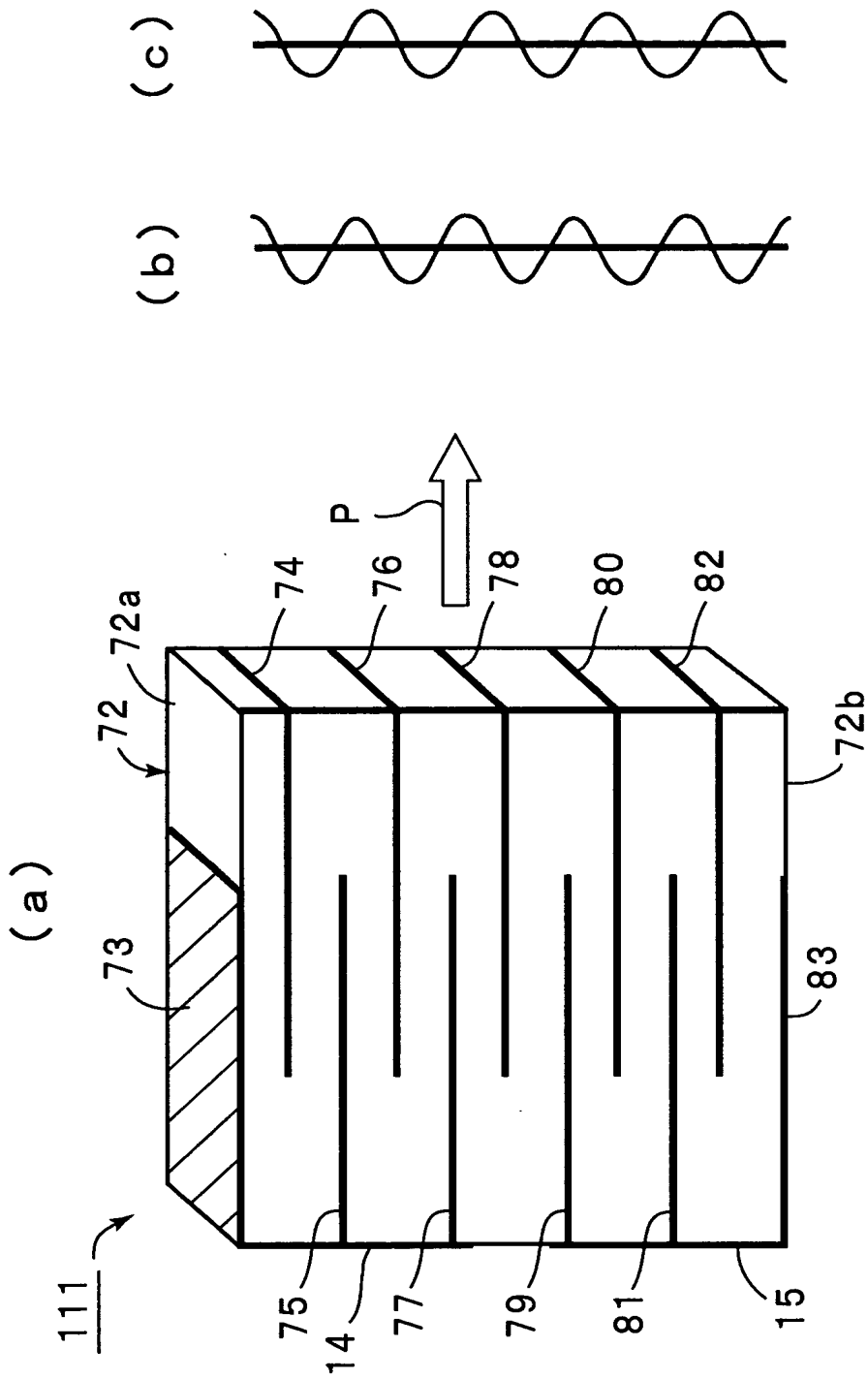
【図 1 6】



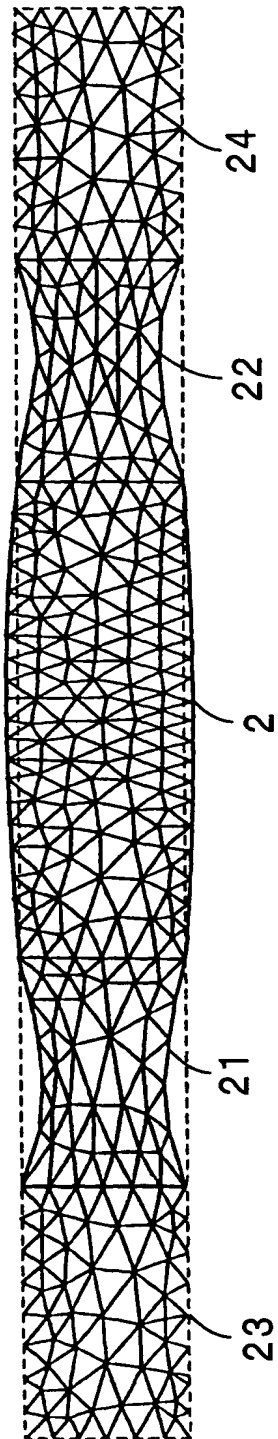
【図 1 7】



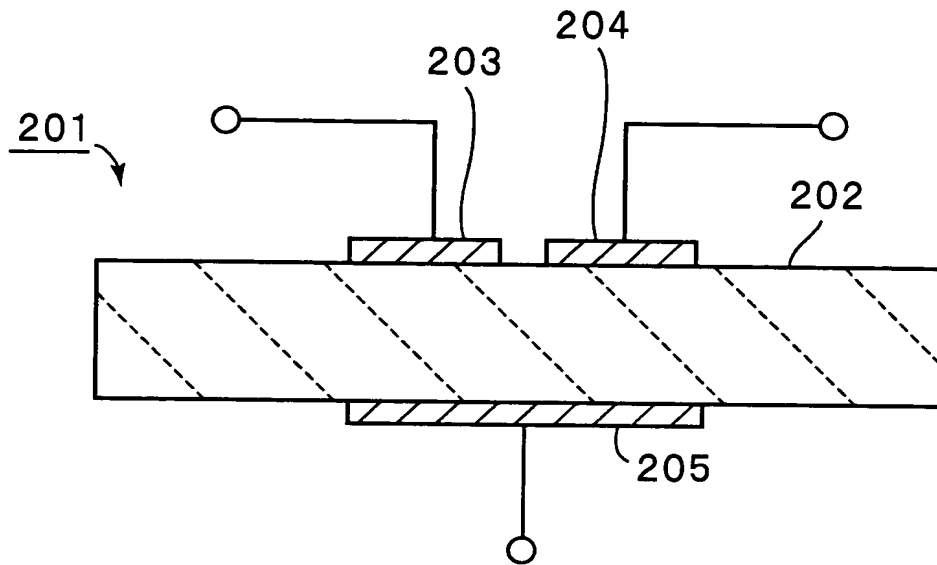
【図 1 8】



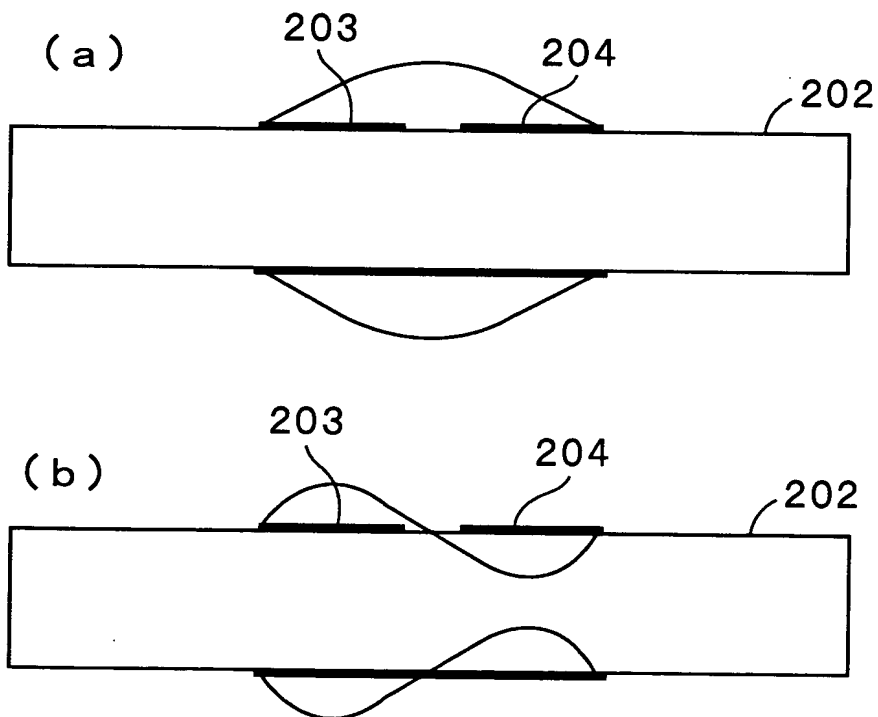
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広帯域化を図ることができ、さらに減衰量の拡大を図り得るマルチモード圧電フィルタを提供する。

【解決手段】 互いに平行に配置された 4 以上の励振電極 3 ～ 1 3 と、励振電極間に配置されており、かつ所定の方に分極処理されている複数の圧電体層とを有する積層型圧電体 2 と、積層型圧電体 2 の外表面に形成された入力電極 1 4、出力電極 1 5 及びアース電極 1 6 とを備え、入力電極とアース電極との間に入力信号が印加されると、異なる次数のモードの振動が励振されかつ結合され、出力電極 1 5 とアース電極 1 6 とから出力信号が取り出される、圧電縦効果を利用した縦結合型のマルチモード圧電フィルタ 1。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 2 3 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名 株式会社村田製作所